

Il Livello TCP/IP delle Interfacce di Rete

Standard IEEE 802

Per consentire uno sviluppo non-proprietario e per garantire l'interconnessione di reti diverse, lo sviluppo di norme e di standard nelle reti locali è un aspetto essenziale.

Per questo motivo, l'associazione degli ingegneri elettronici americani IEEE ha costituito il gruppo IEEE 802, composto da vari comitati, per lo sviluppo di standard per le reti LAN e MAN.

Questo gruppo ha prodotto una serie di standard riportati nella tabella sotto e rappresenta oggi il punto di riferimento per tutte le attività nel settore delle reti locali. I comitati IEEE definiscono le caratteristiche dei prodotti e della rete locale.

Il problema della realizzazione fisica della rete (cablaggio) è stato affrontato alla fine degli anni '80 e sono state emanate dall'associazione EIA norme relative al cablaggio di una rete LAN; queste norme sono state raccolte nello standard EIA/TIA 568.

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2	Logical link control (LLC)
802.3 *	Ethernet
802.4	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs (WiFi)
802.12	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number; nobody wanted it
802.14	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth, Zigbee)
802.16 *	Broadband wireless (WiMAX)
802.17	Resilient packet ring
802.18	Technical advisory group on radio regulatory issues
802.19	Technical advisory group on coexistence of all these standards
802.20	Mobile broadband wireless (similar to 802.16e)
802.21	Media independent handoff (for roaming over technologies)
802.22	Wireless regional area network

IEEE 802.x.
*: importante
† : defunto.

Standard IEEE 802

- Sono gli standard più usati per le LAN (o anche le MAN)
- Comprendono gli schemi di accesso al mezzo fisico
- Differiscono al livello fisico e al sott-layer MAC ma sono compatibili nella parte alta Logical Link Control (LLC) e detta 802.2
- 802.1 introduce semplicemente gli standard e definisce le interfacce base
- Molti sono morti ma tra quelli sopravvissuti sono importanti 802.3 Ethernet, 802.11 (wireless LAN) e in misura minore 802.15 (Bluetooth) e 802.16 (Wireless MAN)

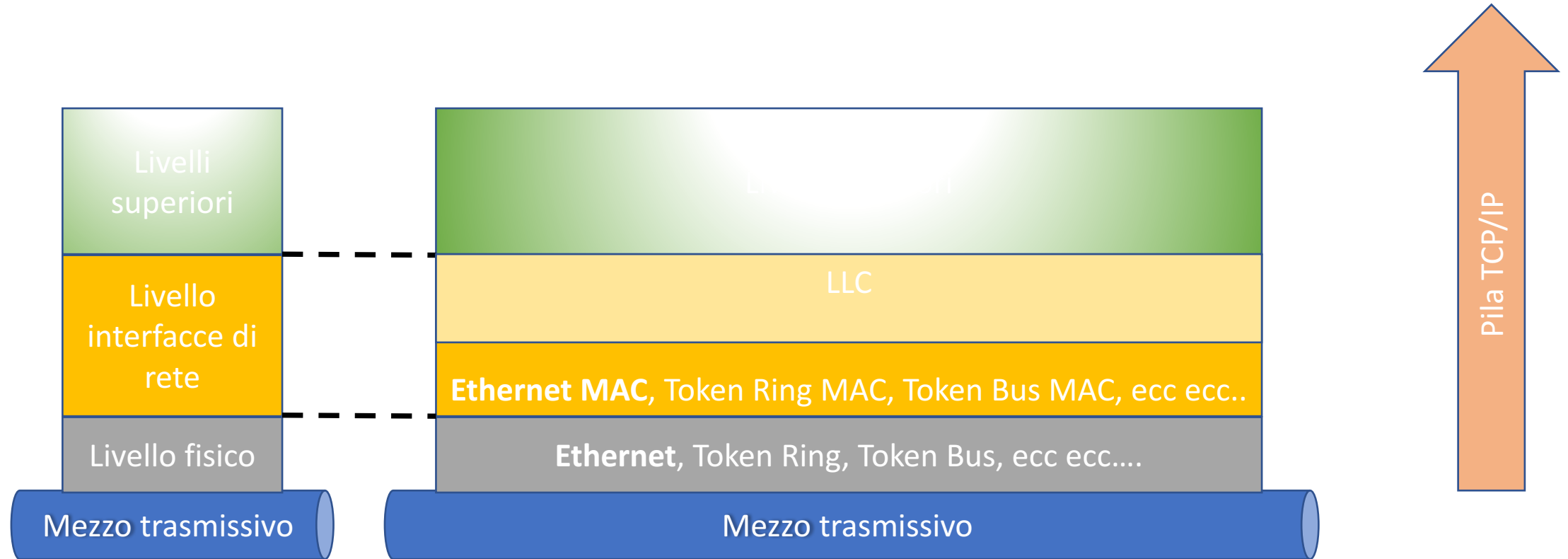
NOTA: Lo IEEE, acronimo di Institute of Electrical and Electronic Engineers, spesso pronunciato I triple E, è un'associazione internazionale di scienziati professionisti con l'obiettivo della promozione delle scienze tecnologiche.

In sintesi, si può perciò affermare che la realizzazione di una rete LAN investe due problematiche, come mostrato nella Figura:

- la struttura trasmissiva (protocolli, modalità di gestione dei collegamenti, ...) regolata dagli standard IEEE 802;
- il cablaggio della rete, regolato dalle norme EIA/TIA 568 e ISO/IEC 11801.



Perché la famiglia di standard IEEE 802?



MAC: Medium Access Control

Il livello MAC caratterizza le modalità per la condivisione del mezzo trasmissivo tra gli utenti. Questo livello è specifico per ogni LAN ed esistono diversi protocolli di livello MAC.

Il livello MAC è generalmente realizzato sulla scheda di rete e quindi mediante un'apposita struttura hardware.

Il livello MAC rappresenta l'elemento centrale nel funzionamento della rete locale, poiché gestisce l'accesso alla rete da parte degli utenti. Per questo motivo, a livello MAC viene definito un metodo di accesso multiplo in grado di evitare conflitti tra utenti e regolare la corretta trasmissione dei messaggi.

MAC

I protocolli di accesso multiplo utilizzati nelle reti locali possono essere divisi in due classi:

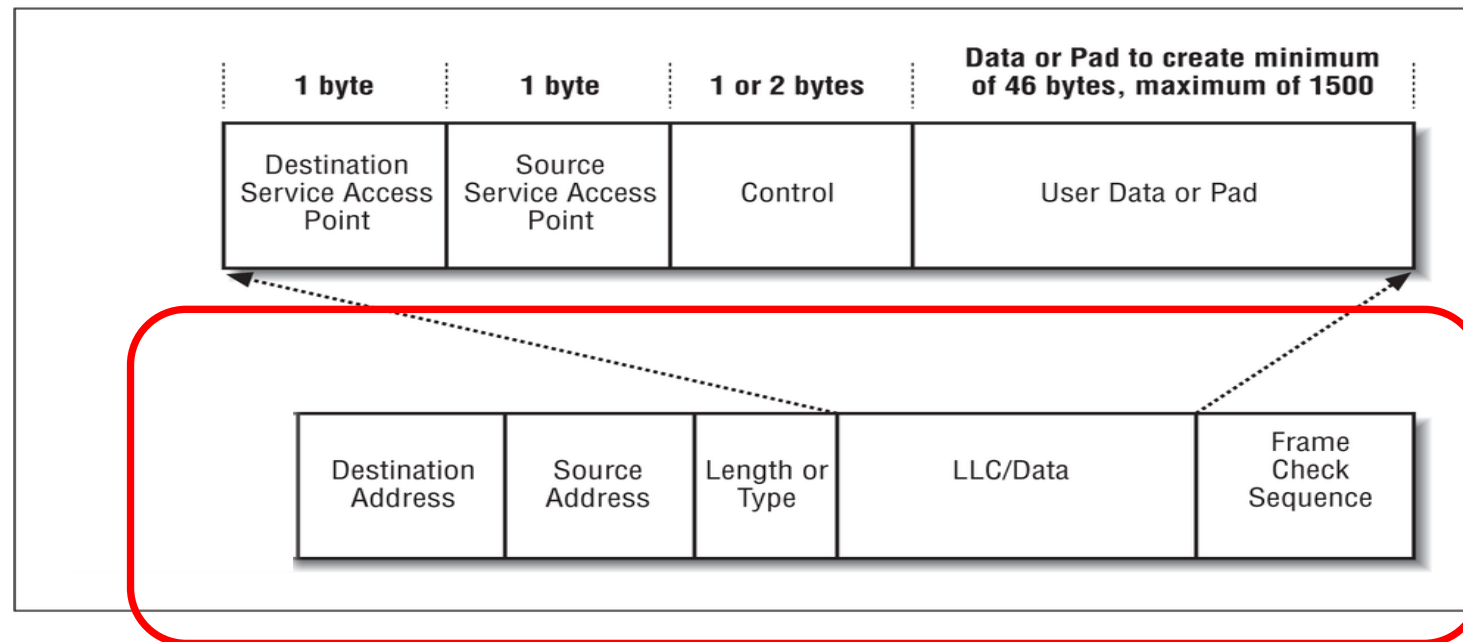
- accesso multiplo casuale;
- accesso multiplo deterministico.

Nelle reti LAN i protocolli più noti sono il CSMA/CD (di tipo casuale) e il token passing (di tipo deterministico). Il livello MAC, come il formato del frame, è specifico per ogni tipo di LAN e quindi dipende dal tipo di LAN. Noi ci soffermeremo solo sulle LAN Ethernet. Tuttavia, alcuni campi essenziali per il funzionamento sono presenti in tutti i formati indipendentemente dal tipo di LAN.

Frame MAC

Un frame MAC contiene:

- gli indirizzi di destinazione e del mittente. Questi indirizzi sono detti indirizzi a livello MAC;
- il campo dati LLC (=LLC-PDU) ha una lunghezza diversa a seconda del tipo di rete utilizzato;
- il campo FCS (Frame Check Sequence) contiene i bit di controllo per rivelare la presenza di errori nel frame
- Il campo Length or Type contiene lunghezza o tipo.



Indirizzi MAC

L'uso degli indirizzi a livello MAC è stato standardizzato dal comitato IEEE 802. Questo comunicato consente di scegliere tra i seguenti valori di lunghezza:

- 16 bit
- 48 bit

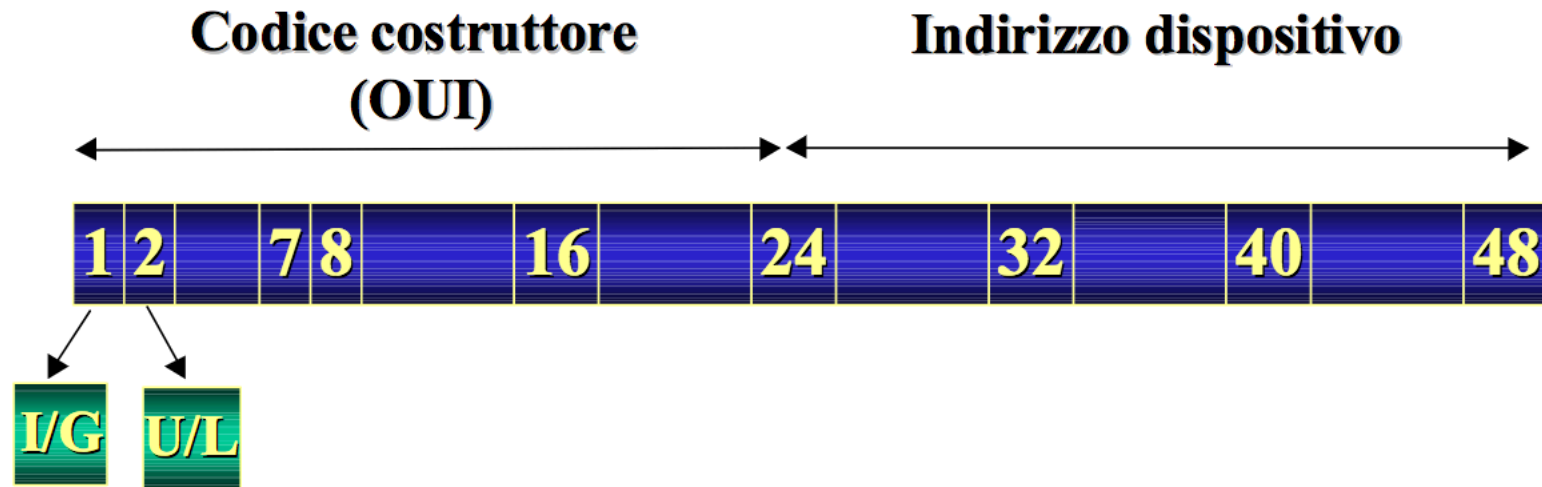
La scelta di 16 bit presenta il vantaggio di ridurre la lunghezza dell'header del frame e quindi aumenta l'efficienza della LAN. Inoltre il numero di indirizzi è sufficiente per ogni singola LAN. Tuttavia, esso richiede la presenza di un gestore degli indirizzi di ciascuna LAN che assegna l'indirizzo alle singole apparecchiature al momento in cui sono connesse in rete.

Inoltre lo spostamento di un'apparecchiatura da una rete all'altra implica che deve essere aggiornato l'indirizzo da parte del gestore.

Per evitare questi problemi oggi si utilizzano indirizzi MAC a 48 bit. Infatti in questo caso si possono fornire indirizzi validi globalmente per ogni dispositivo. Tale indirizzo è fornito direttamente dal costruttore ed è quindi indipendente dalla rete su cui viene inserito il dispositivo. In questo momento è possibile realizzare tecniche di plug e play, per cui il dispositivo può essere inserito in rete senza l'intervento di nessun operatore.

Indirizzi MAC

- i primi 3 byte identificano il costruttore;
- i rimanenti 3 byte (2^{24} indirizzi) sono a disposizione del costruttore per identificare i singoli dispositivi.



Indirizzi MAC

Nel primo byte dell'indirizzo MAC sono presenti bit che forniscono varie informazioni sul tipo di indirizzo:

il primo bit o I/G (Individual/Group) serve a distinguere tra indirizzi individuali o di gruppo. Se il bit è 0 l'indirizzo si riferisce ad un singolo dispositivo, mentre se il bit è 1 l'indirizzo è relativo ad un gruppo logico di dispositivi. In questo modo il costruttore ha a disposizione 2²⁴ indirizzi individuali e 2²⁴ indirizzi di gruppo.

Il secondo bit, U/L (Universal/Local) indica se l'indirizzo è globale (assegnato da IEEE) o deciso localmente.

A seconda del tipo di applicazione, l'indirizzo MAC di destinazione può essere di tre tipi:

- Singolo o unicast, se è indirizzato ad un singolo dispositivo;
- multicast, se è indirizzato ad un gruppo di dispositivi;
- broadcast, se è indirizzato a tutti i dispositivi. L'indirizzo broadcast è FF-FF-FF-FF-FF-FF.

Indirizzi MAC

Ogni NIC (Network Interface Card) possiede un indirizzo MAC (a volte chiamato anche indirizzo Ethernet).

Ogni NIC per supportare broadcast o multicast deve riconoscere più indirizzi MAC, es: pacchetti diretti all'interfaccia stessa e pacchetti all'indirizzo broadcast.

Una NIC può anche essere programmata per ricevere tutti i pacchetti: modalità promiscua usata per il monitoraggio (Wireshark.....).

Cosa fa il livello MAC

Quando il livello MAC di un dispositivo riceve un frame effettua una serie di controlli prima di passarlo a livello superiore. In particolare:

- controllo della lunghezza del frame per verificare se è ammissibile per la rete LAN su cui è stato trasmesso;
- controllo della presenza di errori mediante il campo FCS.

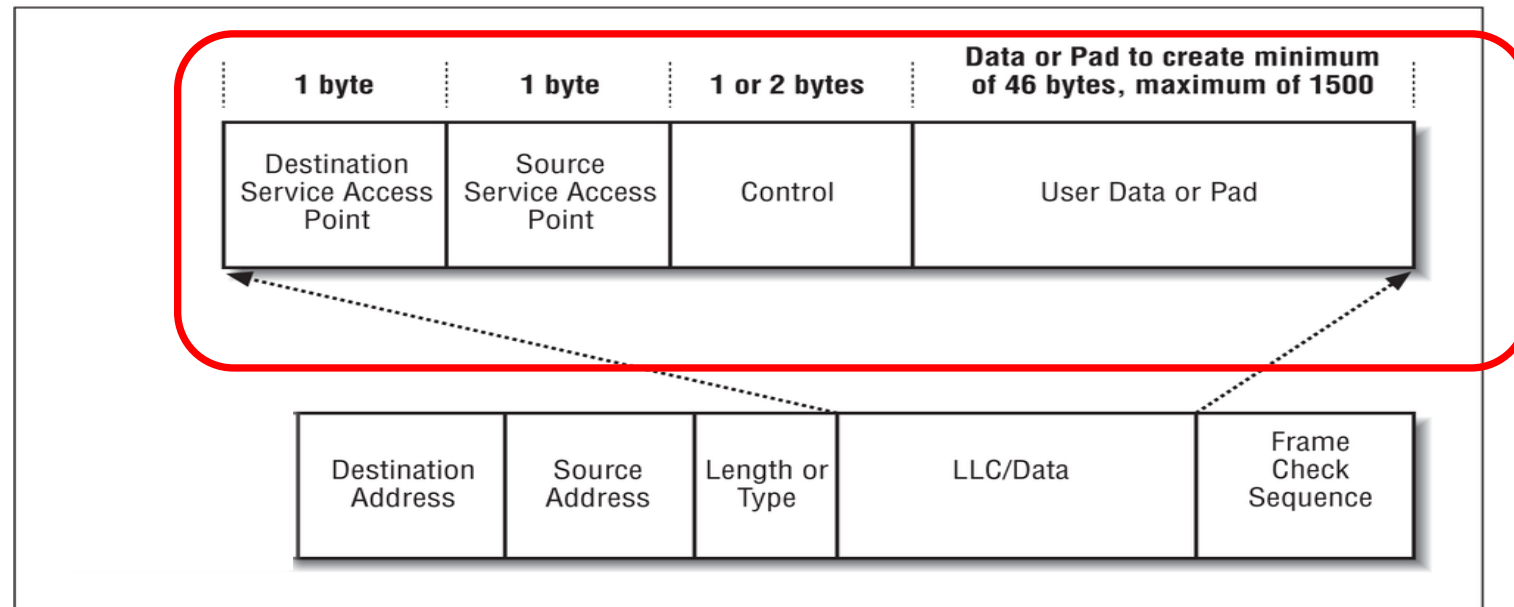
Nel caso in cui uno di questi controlli non risulti soddisfatto si procede alla ritrasmissione. In caso di esito positivo, il dispositivo analizza l'indirizzo MAC di destinazione ed effettua le seguenti operazioni:

- se l'indirizzo MAC è relativo ad un singolo dispositivo, e questo è uguale a quello memorizzato nella scheda del dispositivo viene inviato il campo informativo del frame (LCC-PDU) al livello LLC. In caso opposto il frame non è analizzato;
- se l'indirizzo MAC è di tipo broadcast, LLC-PDU è passato al livello superiore;
- se l'indirizzo MAC è di tipo multicast, LLC-PDU è inviato a livello LLC solo se l'indirizzo è nel gruppo di multicast.

LLC: Logical Link Control

Il livello LLC è comune a tutte le reti locali, poiché specifica l'interfaccia unificata verso il livello di rete. Il livello LLC è descritto dallo standard IEEE 802.2. Il livello LLC è realizzato generalmente via software.

Il frame LLC ha il formato mostrato nella figura:



Frame LLC

Gli indirizzi LLC servono per individuare i protocolli del livello di rete su cui si appoggiano la rete locale che ha inviato il pacchetto (indirizzo LLC del mittente) e la rete locale a cui è diretto il pacchetto (indirizzo LLC del destinatario).

Sono composti da 8 bit, di cui:

- bit I/G (Individual/Group) indica se l'indirizzo è rivolto ad ogni singolo utente o ad un gruppo di utenti;
- bit U/L (Universal/Local) indica se l'indirizzo è assegnato da IEEE e su base locale.

I rimanenti 6 bit consentono di individuare il protocollo di rete utilizzato scelti tra quelli standardizzati a livello internazionale da IEEE 802.

Il Livello TCP/IP delle Interfacce di Rete

Ethernet

Ethernet e IEEE 802.3

La rete Ethernet rappresenta oggi la rete più nota e più diffusa in tutto il mondo. La nascita di Ethernet risale al 1976 quando Xerox utilizzò il protocollo CSMA/CD per realizzare una rete locale con una velocità di 2.94 Mbit/s per collegare oltre 100 stazioni.

Ethernet incontrò subito un notevole successo per la sua semplicità realizzativa e le elevate prestazioni; per questo motivo Digital, Intel e Xerox formarono un consorzio DIX per elaborare le specifiche della rete Ethernet a 10 Mbit/s.

Negli stessi anni il comitato IEEE 802 iniziò a sviluppare uno standard di rete locale basato su CSMA/CD e simile alla rete Ethernet, noto come IEEE 802.3.

Ethernet e IEEE 802.3 sono molto simili, anche se esistono differenze significative. Oggi si realizzano soltanto reti IEEE 802.3, ma in molti casi si continua ad utilizzare la denominazione di rete Ethernet. I due termini saranno usati indifferentemente per indicare IEEE 802.3.

Ethernet e IEEE 802.3

Le reti Ethernet e IEEE 802.3 si basano su una struttura a bus condiviso con una velocità di 10 Mbit/s.

Lo standard IEEE 802.3 specifica il livello fisico e il livello MAC. Gli indirizzi ethernet sono i MAC address visti prima.

Il metodo di accesso multiplo CSMA/CD utilizza una struttura completamente distribuita di tipo broadcast, per cui non è necessaria la presenza di una autorità centrale.

Questa caratteristica, insieme alla semplicità del protocollo CSMA/CD, sono i motivi della grande diffusione di Ethernet.

Per contro Ethernet realizza un meccanismo di consegna non garantita perché l'hardware di rete non informa il mittente se il pacchetto è stato ricevuto (es: computer spento). *TCP/IP risolve questo problema....*

CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect

Tutti gli host accedono alla rete simultaneamente controllando se è presente l'onda portante per capire quando la rete è libera.

Se un host deve inviare un pacchetto, lo fa quando non viene rilevata nessuna onda portante.

Il pacchetto ha una dimensione massima -> durata massima della trasmissione.

Inoltre l'hardware osserva un tempo minimo di inattività tra una trasmissione e l'altra quindi tutti gli host hanno una opportunità di accesso.

CSMA/CD: collisioni.

I segnali elettrici viaggiano a velocità finita (sul rame circa $0.7 c$) quindi quando un host inizia una trasmissione può capitare che un host lontano individui la rete libera ed inizi a trasmettere anche lui!

Tale incidente si chiama **collisione**.

Ethernet gestisce le collisioni in maniera ingegnosa:

- ogni host durante la trasmissione controlla se ci sono segnali esterni che interferiscono con la sua trasmissione: **Collision Detection (CD)**;
- se l'host rileva una collisione, interrompe la trasmissione;
- dopo la prima collisione, l'host riprende la trasmissione aspettando un tempo casuale dal momento in cui la rete è libera;
- se si rileva una seconda collisione il tempo casuale di attesa viene raddoppiato;
- se si rileva una terza collisione il tempo casuale di attesa viene quadruplicato e così via.

CSMA/CD: collisioni.

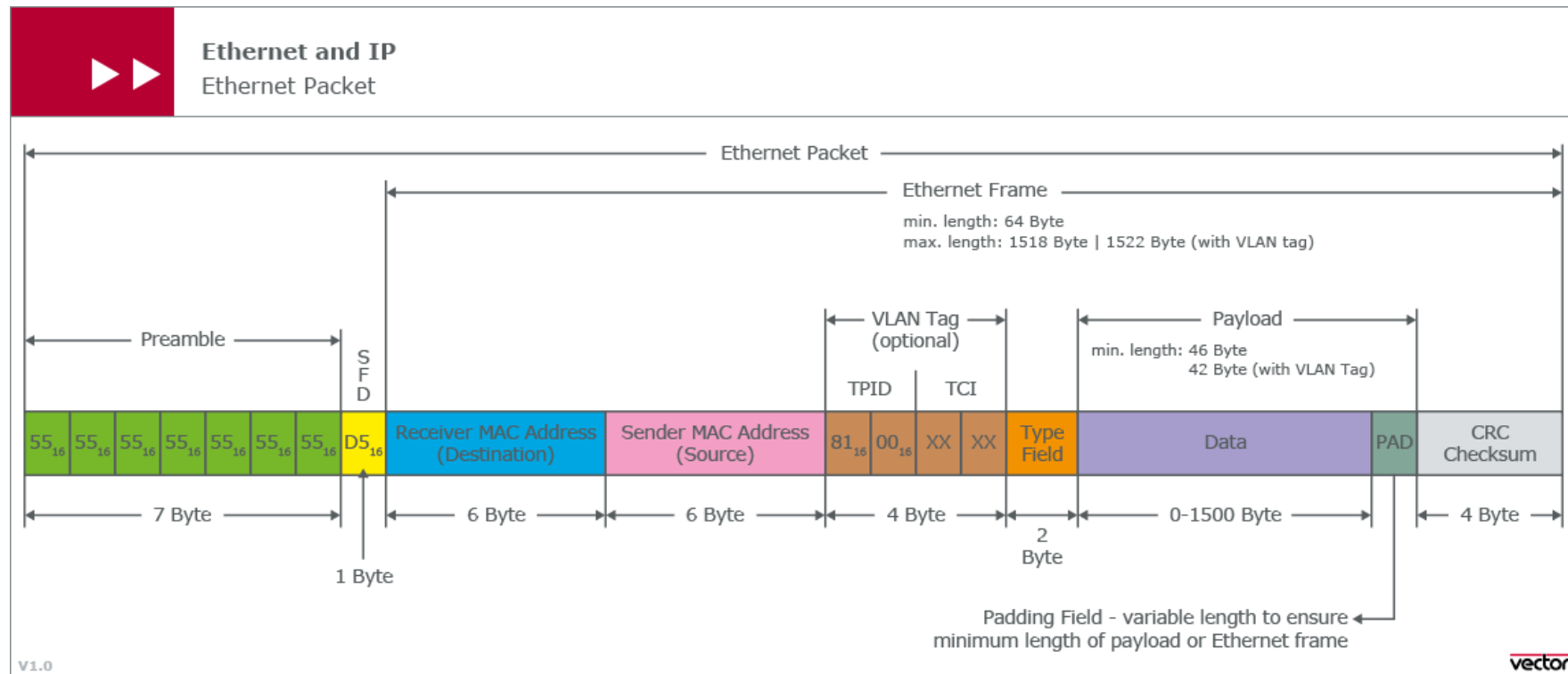
Questa tecnica si chiama **Backoff Esponenziale Binario**.

Nel caso sfortunato in cui più host trasmettano simultaneamente potrebbe verificarsi un notevole ingorgo di traffico. In questa situazione è probabile che due host scelgano backoff casuali molto vicini e quindi una probabilità di una nuova collisione.

Raddoppiando ogni volta l'intervallo di attesa la strategia di backoff distribuisce i tentativi degli host di ritrasmettere su un periodo di tempo ragionevolmente lungo, rendendo improbabili ulteriori collisioni.

Frame Ethernet

I frame ethernet sono di lunghezza variabile tra 64 byte e 1518 byte.



<https://it.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

Il formato del frame nella rete IEEE 802.3 è mostrato nella figura precedente, in cui sono evidenziati i diversi campi che lo compongono:

- Preambolo: questo campo ha una lunghezza di 7 byte, ognuno costituito dalla sequenza 10101010.
- Delimitatore di inizio del frame SFD: questo campo è formato dal byte 10101011 e serve ad indicare l'inizio del frame.
- Indirizzo della stazione di destinazione e sorgente: questo campo ha una lunghezza di 6 byte; se il bit più significativo del campo indirizzo della stazione di destinazione è uguale a 0, il campo contiene un indirizzo MAC ordinario mentre se tale bit è uguale a 1 allora si ha una trasmissione multicast. Al contrario, se l'indirizzo della stazione di destinazione è formato da bit uguali a 1, allora si ha una trasmissione broadcasting. Il bit 46 (accanto a quello più significativo) serve a distinguere indirizzi locali e globali.
- Type Field: valori ≤ 1500 per questo campo indicano che il campo è usato per indicare la lunghezza del payload in byte, mentre valori ≥ 1536 indicano che il campo è usato per rappresentare EtherType: autoidentificazione del tipo di frame.
- Dati: questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 1500 byte.
- PAD: questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 46 byte e viene introdotto per garantire che la lunghezza minima del pacchetto non sia inferiore a 64 byte. Come vedremo, questo valore minimo del pacchetto è necessario per un corretto funzionamento del protocollo CSMA/CD.
- CRC: questo campo, formato da 2 byte, consente di effettuare il controllo degli errori sul pacchetto utilizzando un codice ciclico.

Esempi di EtherType ≥ 1536

EtherType

0x0800

0x0806

0x0842

0x22F3

0x22EA

0x6003

0x8035

0x809B

0x80F3

0x8100

Protocol

[Internet Protocol version 4](#) (IPv4)

[Address Resolution Protocol](#) (ARP)

[Wake-on-LAN](#)^[7]

[IETF TRILL Protocol](#)

[Stream Reservation Protocol](#)

[DECnet](#) Phase IV

[Reverse Address Resolution Protocol](#)

[AppleTalk](#) (Ethertalk)

[AppleTalk](#) Address Resolution Protocol (AARP)

VLAN-tagged frame ([IEEE 802.1Q](#)) and Shortest Path Bridging [IEEE 802.1aq](#) with [NNI](#) compatibility^[8]

Bridge ethernet

Un bridge ethernet è un dispositivo che connette due ethernet (=due segmenti) e passa i frame tra di esse. Quindi opera al livello “**Interfacce di rete**”.

Il bridge filtra rumore, errori o frame malformati.

Ogni connessione tra un bridge e una rete ethernet applica CSMA/CD quindi le collisioni rimangono isolate su ogni segmento -> possibilità di connettere un numero arbitrario reti ethernet usando i bridge.

Il **bridging** è usato nelle tipiche connessioni con modem (cable modem) e DSL (Digital Subscriber Line) poiché i frame ethernet sono trasmessi dall'utente all'ISP e viceversa tramite bridge.

Il bridge invia i frame ethernet da un segmento all'altro solo dopo aver letto l'indirizzo di destinazione.

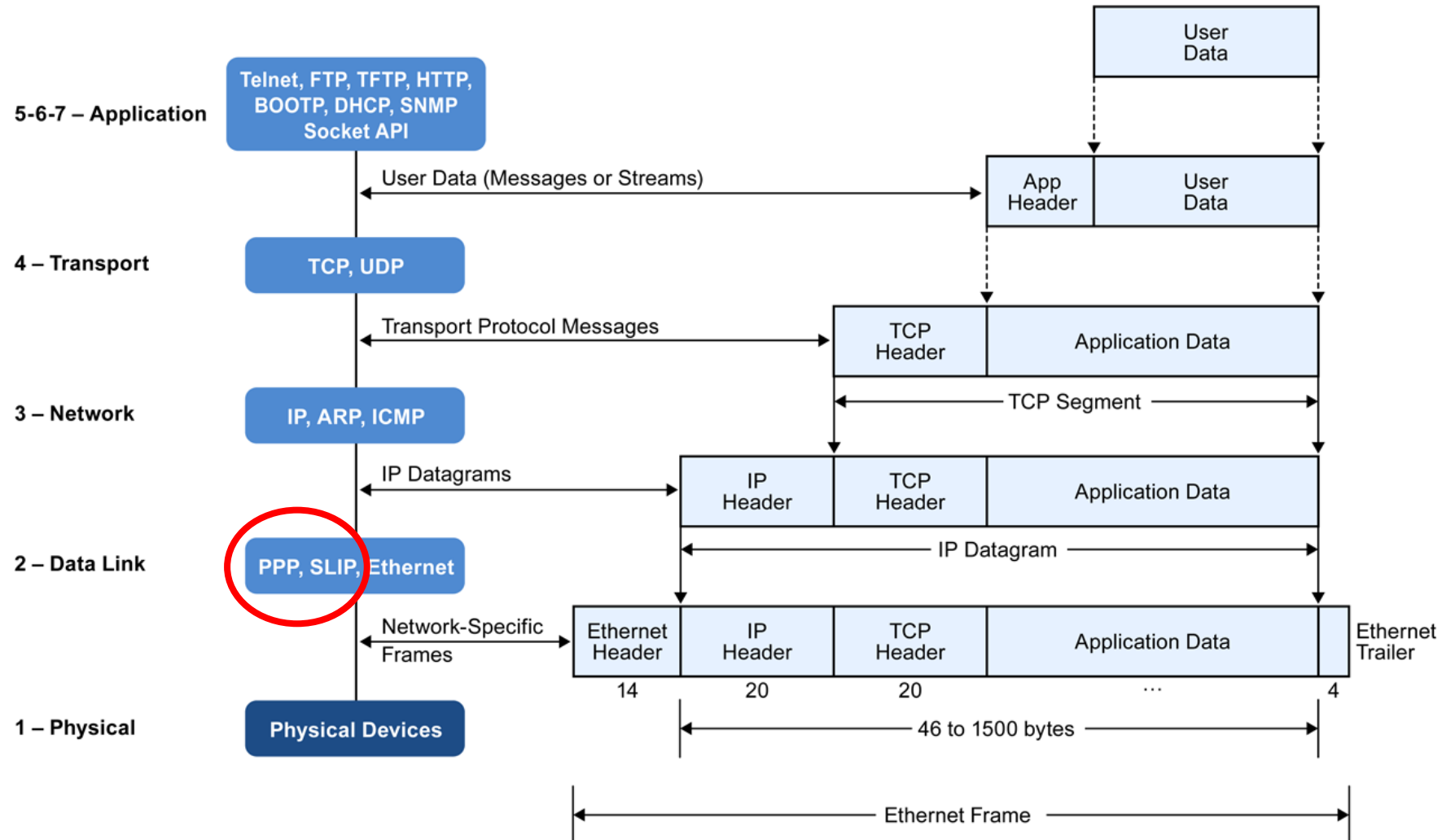
I bridge nascondono i dettagli della interconnessione: un insieme di segmenti collegati da bridge funziona come una singola rete ethernet!

Esempi: switch a 2 porte può essere usato come bridge, access point WiFi.

Evoluzione di ethernet

The Evolution of Ethernet Standards to Meet Higher Speeds				
Date	IEEE Std.	Name	Data Rate	Type of Cabling
1990	802.3i	10BASE-T	10 Mb/s	Category 3 cabling
1995	802.3u	100BASE-TX	100 Mb/s*	Category 5 cabling
1998	802.3z	1000BASE-SX	1 Gb/s	Multimode fiber
	802.3z	1000BASE-LX/EX		Single mode fiber
1999	802.3ab	1000BASE-T	1 Gb/s*	Category 5e or higher Category
2003	802.3ae	10GBASE-SR	10 Gb/s	Laser-Optimized MMF
	802.3ae	10GBASE-LR/ER		Single mode fiber
2006	802.3an	10GBASE-T	10 Gb/s*	Category 6A cabling
2015	802.3bq	40GBASE-T	40 Gb/s*	Category 8 (Class I & II) Cabling
2010	802.3ba	40GBASE-SR4/LR4	40 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
	802.3ba	100GBASE-SR10/LR4/ER4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
2015	802.3bm	100GBASE-SR4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF
2016	SG	Under development	400 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
Note: *with auto negotiation				

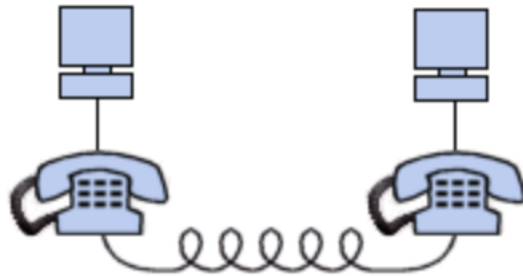
Standard esterni alla IEEE 802



Standard esterni alla IEEE 802: protocolli modem

Collegarsi ad un internet provider via telefono era fino a pochi anni fa uno dei modi piu' utilizzati per accedere alla rete. Si utilizzava un modem: una scheda apposita da inserire nel computer oppure un apparecchio esterno, che poteva anche essere utilizzato per trasmettere e ricevere fax. Un modem permette di codificare il segnale digitale modulando una portante in fase ed in ampiezza; il segnale viene trasmesso come segnale elettrico analogico e riconvertito in segnale digitale dal modem che lo riceve. Inizialmente i modem lavoravano a velocita' molto basse, miglioramenti nelle tecniche di codifica del segnale hanno infine permesso una velocita' fino a 56 Kb/sec (standard V90), che va bene per ricevere posta, ma non per l'uso che si fa oggi della rete.

Il collegamento via modem è un collegamento punto-punto, cioè un collegamento che permette solo a 2 apparecchiature di parlarsi. :



Protocollo SLIP

SLIP significa *Serial Line Internet Protocol*, tradotto "protocollo internet di [collegamento in serie](#)". SLIP è il risultato dell'integrazione dei protocolli modem precedenti alla [serie di protocolli TCP/IP](#).

Si tratta di un protocollo di collegamento internet semplice che non effettua né controlli di indirizzo né controlli di errore ed è la ragione per cui è diventato velocemente obsoleto rispetto al PPP.

La trasmissione di dati con SLIP è molto semplice: questo protocollo invia un frame composto unicamente dai dati da inviare seguiti da un carattere di fine trasmissione (il carattere *END*, il cui [codice ASCII](#) è 192). Un frame SLIP assomiglia quindi a:



PPP

PPP significa Point to Point Protocol, tradotto protocollo punto a punto. Si tratta di un protocollo molto più elaborato di SLIP (ragione per cui l'ha sostituito), nella misura in cui trasferisce dei dati supplementari, più adatti alla trasmissione di dati su internet (l'aggiunta di informazioni in un frame è in gran parte dovuta all'aumento della banda).

PPP è in realtà un insieme di tre protocolli:

- Un protocollo di incapsulamento di datagrammi IP;
- Un protocollo di controllo di collegamento (LCP, Link Control Protocol), che permette dei controlli di test e di configurazione della comunicazione;
- Un insieme di protocolli di controllo di rete (NCP, Network Control Protocol), che permette dei controlli d'integrazione di PPP all'interno di protocolli di livelli superiori.

I dati incapsulati in un frame PPP sono detti pacchetti . Questi pacchetti sono generalmente dei datagrammi, ma può succedere che siano anche di altra natura (da qui la denominazione specifica di pacchetti invece di datagrammi). Quindi, un campo del frame è riservato al tipo di protocollo a cui appartiene il pacchetto. Un frame PPP ha questa forma:

Protocollo (1-2 byte)	Dati da trasmettere	Dati di riempimento
------------------------------	----------------------------	----------------------------

Dati di riempimento = padding

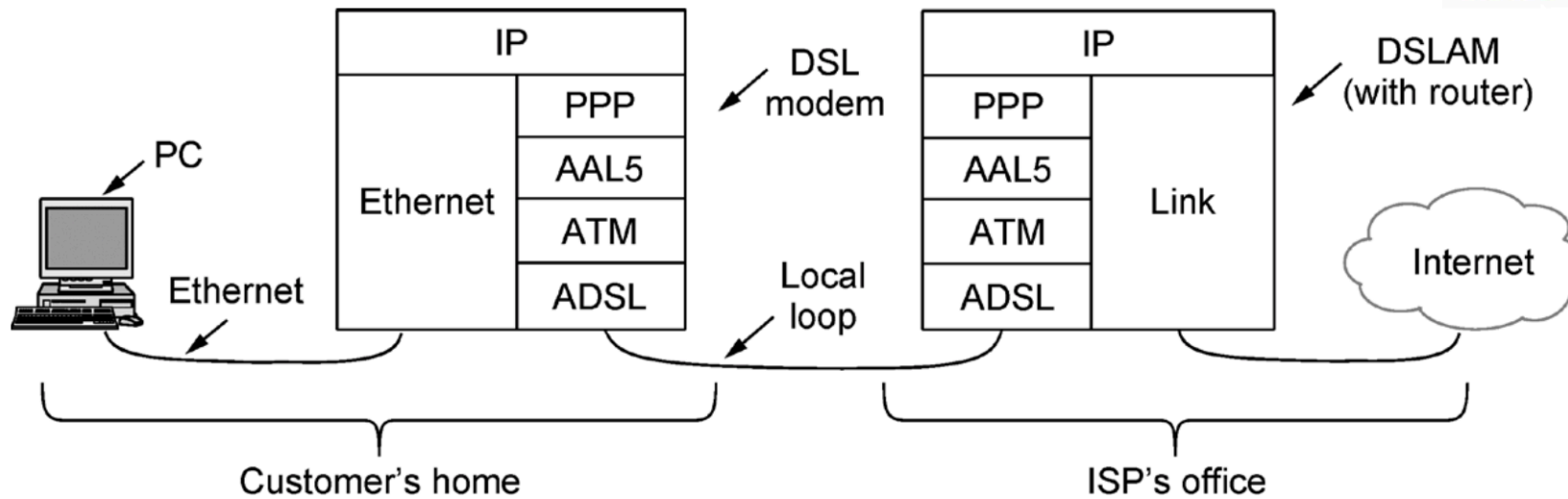
PPP

Una sessione PPP (dall'inizio alla sua chiusura) si svolge in questo modo:

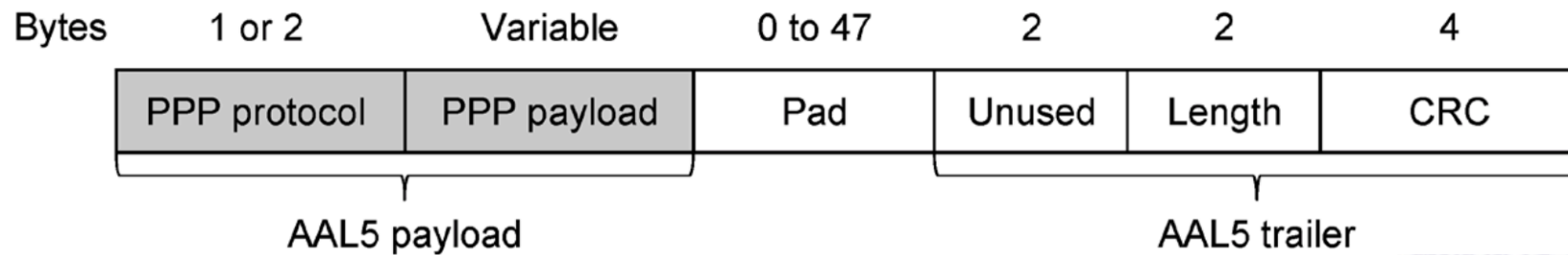
1. Alla connessione, viene inviato un pacchetto LCP;
2. In caso di richiesta di autenticazione da parte del server, può essere inviato un pacchetto corrispondente a un protocollo di autenticazione (PAP, Password Authentication Protocol, o CHAP, Challenge Handshake Authentication Protocol o Kerberos);
3. Una volta stabilita la comunicazione, PPP invia delle informazioni di configurazione con il protocollo NCP;
4. I datagrammi da inviare sono trasmessi sotto forma di pacchetti;
5. Alla disconnessione, si invia un pacchetto LCP per terminare la sessione.

NOTA: PPP permette gestione e controllo degli accessi.

ADSL e PPP



ADSL protocol stacks.



Standard esterni alla IEEE 802: PPPoE

Da qualche anno si usano solo modem DSL (digital subscriber line); i doppiini telefonici utilizzano, per trasmettere l'audio, solo una banda fra 300 e 3400 Hz, ma permetterebbero la trasmissione di segnali anche a frequenze più alte. Le tecnologie DSL utilizzano la banda dai 10 KHz fino al MHz, se la linea lo permette, suddividendola in un gran numero di sottoportanti. Alcune di queste sottoportanti sono utilizzate per trasmettere, altre per ricevere; nell'implementazione detta ADSL (ove A sta per asimmetric), sono usate più sottoportanti per ricevere di quante siano usate per trasmettere; in considerazione del fatto che l'utente finale tende a ricevere, non a trasmettere dati.

Il collegamento ADSL, nella variante ADSL2+, può arrivare ai 24Mbit/sec, ed distanze di qualche chilometro. La linea telefonica può avere dalla parte dell'utente splitters, o filtri, per separare il traffico audio da quello di rete; nelle centrali telefoniche vengono posti apparati DSLAM (digital subscriber line access multiplexer) cui sono collegati più utenti, questi apparati sono poi collegati alla rete del provider.

I protocolli usati per la trasmissione sono PPP incapsulato in ATM (PPPoATM), oppure PPP incapsulato in ethernet (PPPoE)

PPPoE

